

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-122834

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

// G06T 7/00

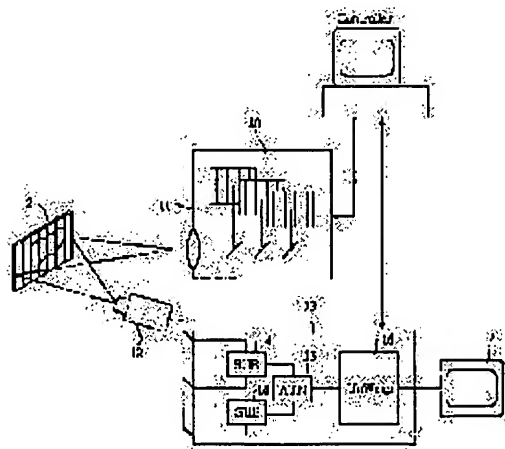
(21)Application number : 08-282107

(71)Applicant : TOKYO GAS CO LTD
OYO KEISOKU
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 24.10.1996

(72)Inventor : TAGUCHI FUJITAKA
KIMOTO KENTARO
ISHIYAMA HIROYUKI
SHIBATA TSUTOMU
NAKAMURA TORU
KUWAJIMA SHIGEZUMI

(54) NONCONTACT MEASURING METHOD AND MEASURING EQUIPMENT OF THREE-DIMENSIONAL FORM



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily perform, in a short time, measuring work of the three-dimensional form of an object to be measured.

SOLUTION: In a light source means 10, a plurality of stripe pattern. projection lights different in phase are generated, by making lights different in wavelength pass a plurality of intensity-modulated stripe patterns different in phase. While the positional relation of the stripe pattern projection lights is maintained, the lights are synthesized and parallel lights are formed, which are projected on an object 2 to be measured. A stripe pattern reflected image generated on the object 2 is optically or electrically decomposed every wavelength, and independent stripe patterns are obtained. On the basis of the obtained patterns, the three-dimensional form of the object 2 is measured, so that the three-dimensional form can be measured by once measuring the stripe patterns. As a result, measuring work is easily enabled in a short time.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-122834

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51) Int. CL⁴
 G 0 1 B 11/24
 // G 0 6 T 7/00

識別記号

P 1
 G 0 1 B 11/24 E
 G 0 6 F 15/62 4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-282107
 (22) 出願日 平成 8 年(1996)10月24日

(71) 出願人 000220262
 東京瓦斯株式会社
 東京都港区海岸 1 丁目 5 番20号
 (71) 出願人 000140340
 株式会社応用計測研究所
 東京都大田区北千歳 3 丁目26番12号
 (72) 発明者 田口 藤幸
 神奈川県横浜市港南区上永谷 2-6-6
 (72) 発明者 木本 憲太郎
 神奈川県横浜市港北区小机町350-3-G
 205
 (74) 代理人 弁理士 小橋 信淳

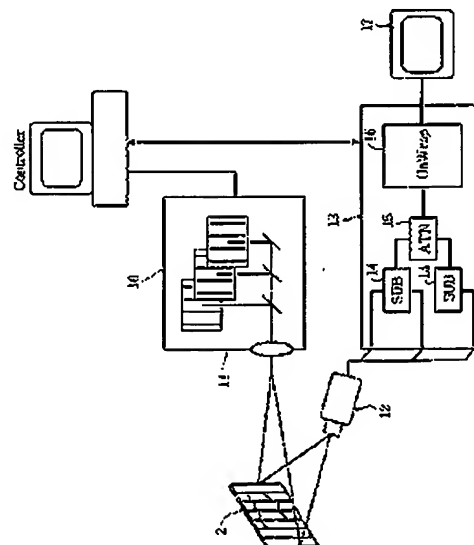
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元形状の非接触測定方法及び測定装置

(57) 【要約】

【課題】 被測定物 2 の三次元形状の測定作業を、容易且つ短時間に行う。

【解決手段】 強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させる。そして、これら縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物 2 へ投影する。これにより上記被測定物 2 上に生じた縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得る。これら独立した縞パターンに基づいて被測定物 2 の三次元形状を測定する。



(2)

特開平10-122834

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物の三次元形状を非接触で測定する。三次元形状の非接触測定方法であって、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させ、これら縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物へ投影することにより上記被測定物上に生じた縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物の三次元形状を測定する。三次元形状の非接触測定方法。

【請求項2】 縞パターン投影光と独立した縞パターンとの非線型性を解消すべく、被測定物の測定に先立って、予備測定を行い、この予備測定により得られた非線型性情報に基づいて、上記被測定物の測定によって得られる測定結果を補正する。請求項1に記載の三次元形状の非接触測定方法。

【請求項3】 クロストークを防止すべく、このクロストークがないものとして算出された位相値を、予め別途測定した上記クロストーク量に基づいて補正する。請求項1～2のいずれかに記載の三次元形状の非接触測定方法。

【請求項4】 被測定物の三次元形状を非接触で測定する。三次元形状の非接触測定装置であって、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させる光源手段と、上記縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物へ投影する投影器と、この投影器により投影された平行光により上記被測定物上に生じた縞パターン反射像を検出する検出手段と、この検出手段により検出された縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、更に、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物の三次元形状を測定する演算処理手段とを備えた、三次元形状の非接触測定装置。

【請求項5】 縞パターン投影光と独立した縞パターンとの非線型性を解消すべく、被測定物の測定に先立って、予備測定を行い、この予備測定により得られた非線型性情報に基づいて、上記被測定物の測定によって得られる測定結果を補正自在な非線型補正手段を付設した、請求項4に記載の三次元形状の非接触測定方法。

【請求項6】 クロストークを防止すべく、光源手段にダイクロイックミラーを付設した、請求項4に記載の三次元形状の非接触測定装置。

【請求項7】 クロストークを防止すべく、光源手段に挟帯域干渉フィルタを付設した、請求項6に記載の三次

元形状の非接触測定装置。

【請求項8】 クロストークを防止すべく、このクロストークがないものとして算出された位相値を、予め別途測定した上記クロストーク量に基づいて補正自在なクロストーク補正手段を設けた、請求項4～7のいずれかに記載の三次元形状の非接触測定装置。

【請求項9】 クロストーク補正手段が、当該補正演算に関する情報を記憶するROMを含んで構成されている。請求項8に記載の三次元形状の非接触測定装置。

【請求項10】 クロストーク補正手段が、当該補正演算に関する情報を書き換え自在な演算処理装置を含んで構成されている。請求項8に記載の三次元形状の非接触測定装置。

【請求項11】 投影器が、液晶プロジェクタである。請求項4～10のいずれかに記載の三次元形状の非接触測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明の三次元形状の非接触測定方法及び測定装置は、各種構造物の三次元形状を測定するのに利用する。

【0002】

【従来の技術】各種工業部品や構造物の三次元形状を非接触で測定するために、従来から種々の測定装置が使用されている。このような三次元形状の非接触測定装置の1例として、図4に示すような装置が広く使用されている。この図4に示した装置は、レーザー光源1から出射したレーザー光を、被測定物2に照射し、その反射光を光ラインセンサ3により受光する。上記レーザー光は、スキャナモータ付きミラー4を適宜回転させることにより、上記被測定物2上を走査する。このようにして得られる被測定物2上の反射位置と測定装置との距離及び方向に基づき、三角測定の原理により、図5に示すような、当該被測定物2の断面二次形状を算出する。このような測定を、被測定物2の全面に亘って行うことにより、この被測定物2の三次元形状を測定できる。上記図4において、符号5は固定ミラー、符号6はレンズである。これら固定ミラー5、レンズ6は、上記反射光を光ラインセンサ3に導くために設けられる。

【0003】尚、被対象物2に投射する光として、一般的にはスポット光が採用されているが、この他にシート光や平面光（縞パターン光）を採用した装置も広く使用されている。上記シート光や平面光を採用した場合、被測定物2上に線状或いは面状の反射光が得られるため、測定の繰り返し回数を低減でき、測定作業の容易化を図れる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来装置においては、以下に述べるような不都合が存在する。すなわち、被測定物2に投射する光として、ス

(3)

特開平10-122834

3

4

ポット光を採用した場合、測定を繰り返すために、被測定物2と測定装置との位置関係を、全測定が終了するまで保持する必要がある。又、被測定物2上を走査するために、上記スキャナモータ付きミラー4等、投射光を移動させるための機械的手段が必要になる。従って、測定装置を構成する部材点数の増大や、精度の維持管理を要する等の面倒が生じてしまう。このことは、投射光として、上記シート光を採用した場合も、程度の差こそあれ、同様である。

【0005】一方、投射光として、シート光の強度を変えて編集して成る上記平面光を採用した場合、上述したような不都合は解消されるが、この場合には、1つの面状反射光（すなわち、上記平面光の反射像である縞パターン像）から上記被測定物2の形状を演算して求めるため、被測定物2の表面反射強度の変化が、そのまま測定誤差となって現れる。又、上記演算のための縞パターンが必要である。

【0006】本発明の三次元形状の非接触測定方法及び測定装置は、上述のような不都合をいずれも解消すべく考えたもので、容易に測定作業を行えるにも拘らず、誤差を僅かに抑えた測定結果を得ることのできる三次元形状の非接触測定方法及び測定装置を提供する。

【0007】

【課題を解決する為の手段】本発明の三次元形状の非接触測定方法及び測定装置のうち、請求項1に記載した測定方法に係る発明は、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させ、これら縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物へ投影することにより上記被測定物上に生じた縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物の三次元形状を測定する。

【0008】更に、必要に応じて、請求項2、3に記載したように、縞パターン投影光と独立した縞パターンとの非線型性を解消すべく、被測定物の測定に先立って、予備測定を行い、この予備測定により得られた非線型性情報に基づいて、上記被測定物の測定によって得られる測定結果を補正したり、クロストークを防止すべく、このクロストークがないものとして算出された位相値を、予め別途測定した上記クロストーク量に基づいて補正する。

【0009】又、請求項4に記載した測定装置に係る発明は、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させる光源手段と、上記縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、こ

の平行光を上記被測定物へ投影する投影器と、この投影器により投影された平行光により上記被測定物上に生じた縞パターン反射像を検出する検出手段と、この検出手段により検出された縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、更に、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物の三次元形状を測定する演算処理手段とを備えている。

【0010】このような測定装置において、縞パターン投影光と独立した縞パターンとの非線型性を解消すべく、被測定物の測定に先立って、予備測定を行い、この予備測定により得られた非線型性情報に基づいて、上記被測定物の測定によって得られる測定結果を補正自在な非線型補正手段を付設したり（請求項5）、クロストークを防止すべく、光源手段にダイクロミックミラー、挟帯域干渉フィルタを付設（請求項6、7）することができる。更に、請求項8に記載したように、やはりクロストークを防止すべく、このクロストークがないものとして算出された位相値を、予め別途測定した上記クロストーク量に基づいて補正するクロストーク補正手段を設けることができる。このクロストーク補正手段としては、当該補正演算に関する情報を記憶するROMを含む（請求項9）構成としたり、当該補正演算に関する情報を書き換え自在な演算処理装置を含む（請求項10）構成とする。又、上記投影器として、液晶プロジェクタを採用できる。

【0011】

【作用】上述のように構成される本発明の三次元形状の非接触測定方法及び測定装置により、被測定物の三次元形状を測定する場合の基本的な作用は、前述した従来構造と同様、被測定物に投射光を投射し、被測定物上の反射位置と測定装置との距離及び方向を三角測査で測定することで、上記被測定物の三次元形状を測定する。

【0012】特に、本発明の三次元形状の非接触測定方法及び測定装置の場合、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させ、これら縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物へ投影することにより上記被測定物上に生じた縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物の三次元形状を測定するため、縞パターンの測定を1度行えば、この三次元形状を測定できる。このため、測定作業を、容易且つ短時間に行うことができる。しかも、短時間の測定で済むことから、被測定物と測定装置との位置を厳密に規制する必要がなくなる。更に、平面光を採用するため、前述した従来構造のように、スキャナモータ付きミラー等の部材を要しない。又、位相の異なる縞パターンを得られるため、被測定物の表面反射強度の影

5

響を除去できる。しかも、独立した縞パターン像を得られるため、被測定物の三次元形状を得るべく行う演算に、基準となる縞パターンが不要となる。

【0013】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係る測定装置の第1例の基本構成を示している。本例の測定装置は、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投影光を発生させる光源手段10と、上記縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物2へ投影する、投影器である液晶プロジェクタ11と、この液晶プロジェクタ11により投影された平行光により被測定物2上に生じた縞パターン反射像を検出する、検出手段であるCCDカメラ12と、このCCDカメラ12により検出された縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、更に、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物の三次元形状を測定する演算処理手段13とを備えている。この演算処理手段13において、14はSUB(subtract)、15はATAN(tan⁻¹演算器)、16はUnWrap(位相接続器)である。このような演算処理手段13は、上記液晶プロジェクタ11とともに、コントローラ17により、適宜、所望状態に制御される。更に、得られた三次元形状は、モニタ17に表示自在である。尚、モニタ17に映し出されたこの三次元形状を、図示しないX-Yプロッタ等の記録手段により記録し出力することもできる。

【0014】このような測定装置において、上記光源手段10は、ダイクロイックミラーと狭帯域干渉フィルタとを付設する。これは、クロストーク(漏れ: crosstalk)を防止するためである。すなわち、上記構成を省略した場合、3位相の分離は、図2(A)に示すように、さほど良い状態ではない。このような漏れ込みが存在すると、測定された位相値の誤差となって現れてしまう。従って、精度の良い測定を行うためには、上記狭帯域干渉フィルタを設け、図2(B)に示すように、上記図2(A)に示される各色の分光特性の他色の感度がない部分に帯域を限定する。これにより、投受光の総合の分離度を高くする。

【0015】上述のように構成される本例の構造を用いて、被測定物2の三次元形状を測定する場合の基本的な作用は、前述した従来構造と同様、被測定物2に投影光を投射し、被測定物上の反射位置と測定装置との距離及び方向を三角測量で測定することで、上記被測定物2の三次元形状を測定する。

【0016】特に、本例の構造の場合、強度変調され位相の異なる複数の縞パターンに、それぞれ波長の異なる光を通すことにより、複数の位相の異なる縞パターン投

(4)

待開平10-122834

6

影光を発生させ、これら縞パターン投影光の位置関係を保持したまま、これら縞パターン投影光を合成することにより平行光とし、この平行光を上記被測定物へ投影することにより上記被測定物2上に生じた縞パターン反射像を、波長ごとに光学的或いは電気的に分解して独立した縞パターンを得、これら独立した縞パターンに基づいて被測定物2の三次元形状を測定するため、縞パターンの測定を1度行えば、この三次元形状を測定できる。このため、測定作業を、容易且つ短時間に行うことができる。しかも、短時間の測定で済むことから、被測定物2と当該測定装置との位置を厳密に規制する必要がなくなる。更に、平面光を採用するため、前述した従来構造のように、スキャナモータ付きミラー等の部材を要しない。又、位相の異なる縞パターンを得られるため、被測定物2の表面反射強度の影響を除去できる。しかも、独立した縞パターン像を得られるため、被測定物2の三次元形状を得るべく行う演算に、基準となる縞パターンが不要となる。

【0017】図3は、本発明の実施の形態の第2例を示している。本例の場合、縞パターン投影光と独立した縞パターンとの非線型性を解消すべく、被測定物の測定に先立って、予備測定を行い、この予備測定により得られた非線型性情報に基づいて、上記被測定物の測定によって得られる測定結果を補正自在な非線型補正手段を付設している。上記予備測定により得られた結果は、ROMに記憶させている。このように、非線型補正手段を設けるのは、上述したように、投影器として液晶プロジェクタ11を採用した場合、縞強度は入力信号に比例せず、非線型であるためである。予め各セルの入出力を測定して、入力信号を予め補正しておくことにより、線形性を確保することができる。

【0018】又、本例の場合、上記クロストークを防止すべく、このクロストークがないものとして算出された位相値を、予め別途測定した上記クロストーク量に基づいて補正する。クロストーク補正手段である処理装置18を、上記演算処理装置13内に設けている。すなわち、クロストークがない場合、各画素の強度は、

【数1】

$$\begin{aligned} SL_1 &= G(x,y) + Q(x,y) \cos(\phi(x,y)) \\ SL_2 &= G(x,y) - Q(x,y) \sin(\phi(x,y)) \\ SL_3 &= G(x,y) - Q(x,y) \cos(\phi(x,y)) \end{aligned}$$

であり、位相は、

【数2】

(5)

待開平10-122834

7

8

$$\phi(x,y) = \tan^{-1} \frac{SL_3 - SL_2}{SL_1 - SL_2} + \frac{\pi}{4}$$

*である。これにたいして、クロストークがある場合、第1色から第2色へのクロストークがあり、この量を κ_{12} とした場合に、各画素の強度は、
【数3】

*

$$\begin{aligned} SL_1 &= (1 + \kappa_{21} + \kappa_{31})G + (1 - \kappa_{31})Q\cos\phi - \kappa_{21}Q\sin\phi \\ SL_2 &= (\kappa_{12} + 1 + \kappa_{32})G + (\kappa_{12} - \kappa_{32})Q\cos\phi - Q\sin\phi \\ SL_3 &= (\kappa_{13} + \kappa_{23} + 1)G + (\kappa_{13} - 1)Q\cos\phi - \kappa_{23}Q\sin\phi \end{aligned}$$

であり、位相は、

※ ※ 【数4】

$$\phi(x,y) = \tan^{-1} \frac{(K_3 - JK_1)(\kappa_{12} - \kappa_{32}) + K_2(J + 1 - J\kappa_{31} - \kappa_{13})}{K_3 - JK_1 + (J\kappa_{21} - \kappa_{23})}$$

$$K_1 = 1 + \kappa_{21} + \kappa_{31}, K_2 = \kappa_{12} + 1 + \kappa_{32}, K_3 = \kappa_{13} + \kappa_{23} + 1$$

$$J = \frac{K_2SL_3 - K_3SL_2}{K_2SL_1 - K_1SL_2}$$

である。従って、上記強度によりJを求めるROMテーブルと、位相を求めるROMテーブルとを有する処理装置18を設ける。尚、上記2つのROMを単一のものとしても良い。

【0019】尚、上述した非線型補正手段及びクロストーク補正手段を、ROMテーブルに代えて、コントローラにより書き換え自在とすることもできる。このように構成した場合、投光、被測定物2、処理における総合伝達特性を制御可能にでき、例えば、被測定物2の載置位置の違いによる分光反射率の差を吸収できる。上記コントローラを設ける構成において、液晶プロジェクタ11等、任意の強度パターンを投影できる手段を使用する場合には、被測定物2或いは当該被測定物2に近似の物体を載置し、縞の位相を時々刻々変化させながら全画像を取り込む。そして、各画像を、投影情報と対にして保存する。これにより、全画素の非線型性を求めることが可能である。或いは、平均を求め、代表変換表を作成したり、いくつかの領域ごとの変換表を作成することも可能である。又、変調度の低い点を求め、この点を測定点から除くとともに、当該点の測定値を、この点の周囲の点の補間で求めることもできる。これらは、CCDカメラ12の画素をアドレスとして保存されるため、例えば、液晶プロジェクタ11の特定画素のみ、位相を逆行させれば、受光側の画素との対応をとることができる。このように構成することにより、短時間のキャリブレーションで被測定物2に即したテーブルを構成でき、被測定物の表面特性に影響されがたい測定を行える。その他の構成並びに作用については、上述した第1例の構造の場合

と同様である。

【0020】

【発明の効果】本発明の三次元形状の非接触測定方法及び測定装置は、上述のように構成されるため、測定作業を、容易且つ短時間に行うことができる。しかも、短時間の測定で済むことから、被測定物と当該測定装置との位置を厳密に規制する必要がなくなる。更に、平面光を採用するため、投射光を走査させるための手段を要しない。又、位相の異なる縞パターンを得られるため、被測定物の表面反射強度の影響を除去できる。しかも、独立した縞パターン像を得られるため、被測定物2の三次元形状を得るべく行う演算に、基準となる縞パターンが不要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第1例の基本構成を示す図。

【図2】クロストーク補正を説明するための線図。

【図3】本発明の実施の形態の第2例の基本構成を示す図。

【図4】従来構造の基本構成を示す図。

【図5】得られた測定結果の1例を示す図。

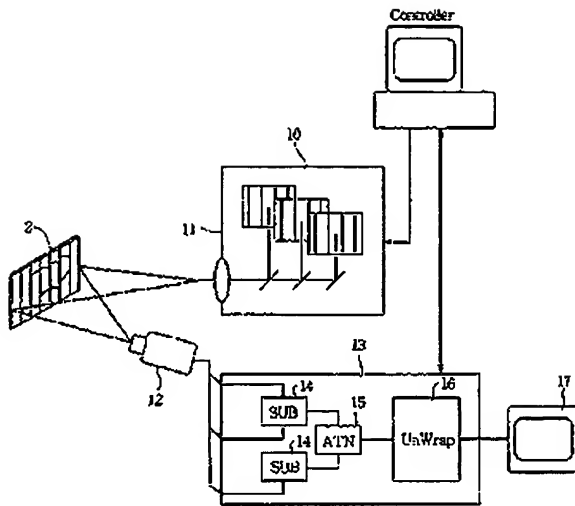
【符号の説明】

- 2 被測定物
- 10 光源手段
- 11 液晶プロジェクタ
- 12 CCDカメラ
- 13 演算処理手段

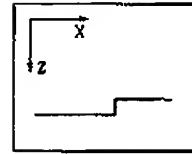
(6)

特開平10-122834

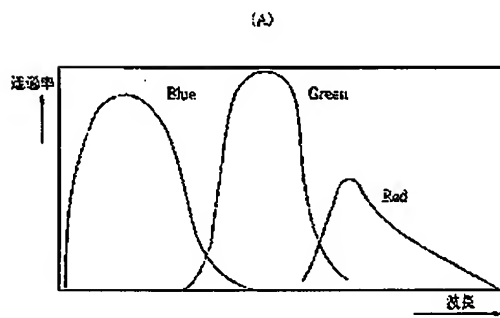
【図1】



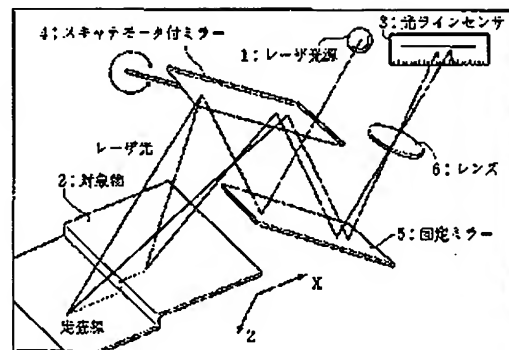
【図5】



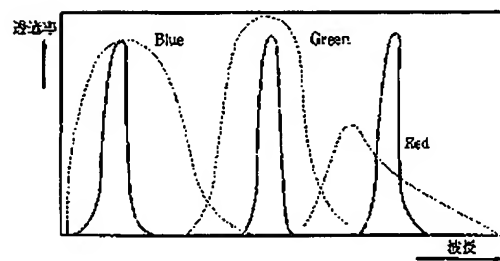
【図2】



【図4】



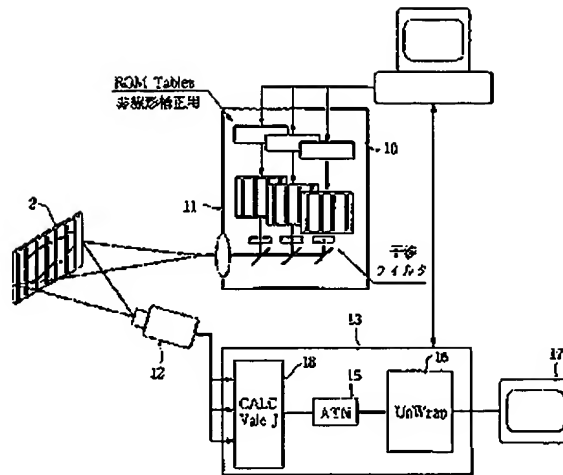
(B)



(7)

特開平10-122834

【図3】



 フロントページの続き

(72)発明者 石山 弘之
東京都豊島区東池袋1-48-6-409
(72)発明者 芝田 勉
東京都大田区北千京3-26-12 株式会社
応用計測研究所内

(72)発明者 中村 亨
東京都大田区北千京3-26-12 株式会社
応用計測研究所内
(72)発明者 桑島 茂純
東京都大田区北千京3-26-12 株式会社
応用計測研究所内